



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Endlagerkonzepte Beitrag für die Arbeitsgruppe D1

1. Beratungstermin Fachkonferenz Teilgebiete

Dr. Thomas Lohser, Julia Dannemann, Dennis Gawletta
06. Februar 2021, Online-Veranstaltung

Arbeitsgruppe D1 – Endlagerkonzepte

01

Standortauswahlverfahren

02

Endlagerkonzepte

03

Tagesanlagen

04

Endlagerbehälterentwicklung

A red excavator is shown in a tunnel, dumping material into a container. The tunnel walls are lined with concrete and reinforced with steel mesh. The scene is dimly lit, with some overhead lights visible. The excavator's arm is extended, and its bucket is positioned over a large, dark container. The overall atmosphere is industrial and focused on heavy construction work.

Standortauswahlverfahren

01

Phasen der Standortauswahl



¹ Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist.

Bericht „Endlagerkonzepte“

Sekundärdokument zum „Zwischenbericht Teilgebiete“

Endlagerkonzepte – Überblick über grundsätzliche Rahmenbedingungen in der ersten Phase des Standortauswahlverfahrens (Umfang 23 Seiten)

Inhalte:

- Sicherheitskonzept
- Regulatorische Vorgaben
- Endlagerkonzepte im Rahmen der Standortauswahl



URL: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Endlagerkonzepte_barrierefrei.pdf

Ermittlung Standortregionen (Schritt 2)

Endlagerkonzepte ab Schritt 2 der Phase I

- Für die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Schritt 2 der Phase I werden Endlagerkonzepte benötigt
- Detaillierung und Auslegung wird entsprechend § 6 Abs. 4 Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (EndlSiUntV)¹ erfolgen

In den **Phasen II und III** des Standortauswahlverfahrens müssen die Endlagerkonzepte entsprechend § 11 Abs. 1 Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV)² ausgelegt werden

¹ Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)

² Endlagersicherheitsanforderungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)

A large red excavator is shown in a tunnel, dumping material into a container. The tunnel walls are lined with concrete blocks, and the floor is covered with debris and equipment. A worker in a blue shirt is visible in the background. The excavator's arm is extended, and its bucket is tilted, pouring material into a dark container. The scene is dimly lit, with a bright light source on the left.

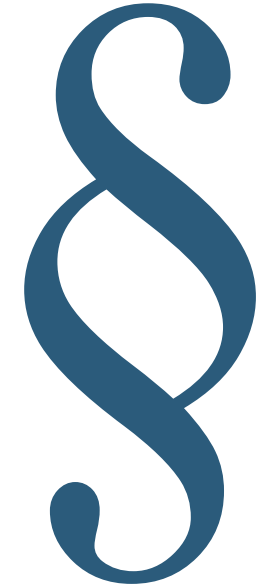
Endlagerkonzepte

02

Zielstellung: Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle

§ 4 Endlagersicherheitsanforderungsverordnung¹

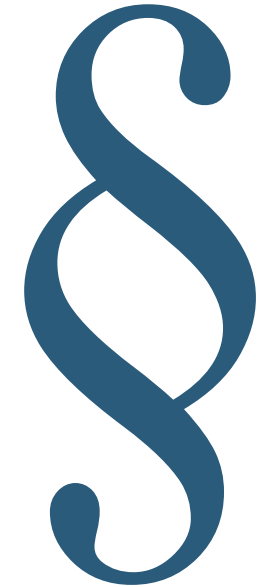
- (1) Die einzulagernden radioaktiven Abfälle sind im Endlagersystem mit dem Ziel zu konzentrieren und sicher einzuschließen, die darin enthaltenen Radionuklide mindestens im Bewertungszeitraum von der Biosphäre fernzuhalten.*
- (2) Das vorgesehene Endlagersystem hat den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle passiv und wartungsfrei durch ein robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.*



¹Endlagersicherheitsanforderungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)

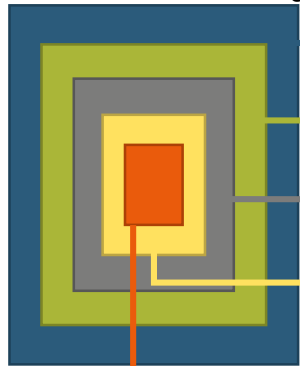
§ 4 Endlagersicherheitsanforderungsverordnung¹

- (3) Die wesentlichen Barrieren zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sind
1. ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche oder
 2. im Fall des Wirtsgesteins Kristallingestein, sofern kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, für die jeweilige geologische Umgebung geeignete technische und geotechnische Barrieren.
- (4) Der sichere Einschluss muss innerhalb der wesentlichen Barrieren nach Absatz 3 so erfolgen, dass die Radionuklide aus den radioaktiven Abfällen weitestgehend am Ort ihrer ursprünglichen Einlagerung verbleiben.



¹Endlagersicherheitsanforderungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)

vereinfachte
schematische Darstellung



Abfallform

- Technische Barriere
- Brennstoff- bzw. Glasmatrix mit Hüllrohr bzw. Stahlkokille

Endlagerbehälter

- Technische Barriere
- Einschluss der radioaktiven Abfälle
- Material u. a. abhängig vom Wirtsgestein, z. B. Stahl oder Kupfer

Schacht- und Streckenverschlüsse

Versatz/Verfüllung

- Geotechnische Barriere
- Verringerung des Hohlraumvolumens; mechanische Stabilisierung der geologischen Barriere
- Material u. a. abhängig vom Wirtsgestein, z. B. Bentonit oder Salzgrus

- Geotechnische Barriere
- Kompensation der bei der Errichtung des Endlagerbergwerks entstandenen Verletzung der geologischen Barriere
- Material u. a. abhängig vom Wirtsgestein

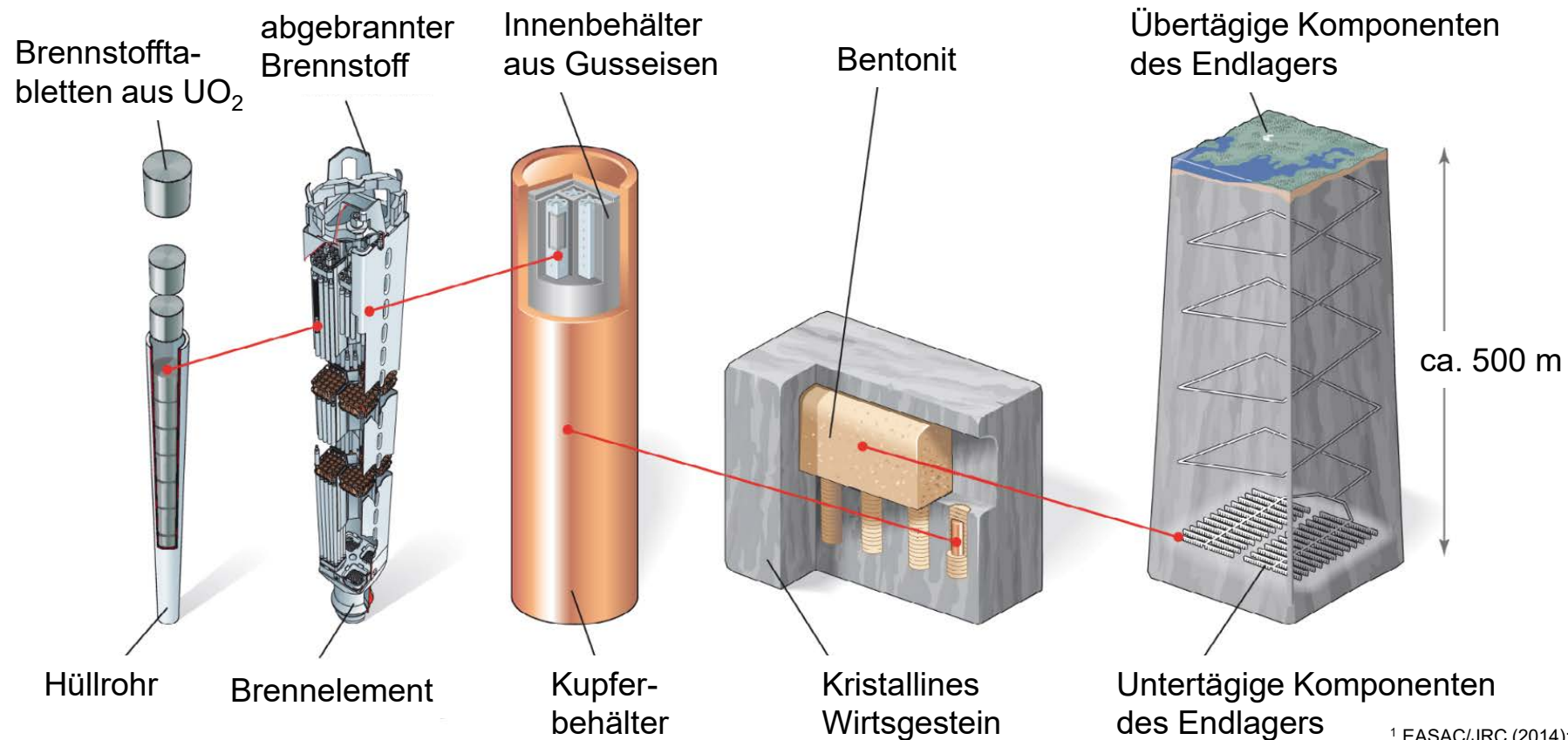
Wirtsgestein

- Geologische Barriere
- Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen
- Kristalline Gestein, Steinsalz oder Tongestein

→ Wirksamkeit und Wirkungszeiträume sind abhängig vom Endlagerkonzept

Multibarrierenkonzept

Beispiel Endlagerkonzept in Kristallingestein in Schweden (SKB)¹

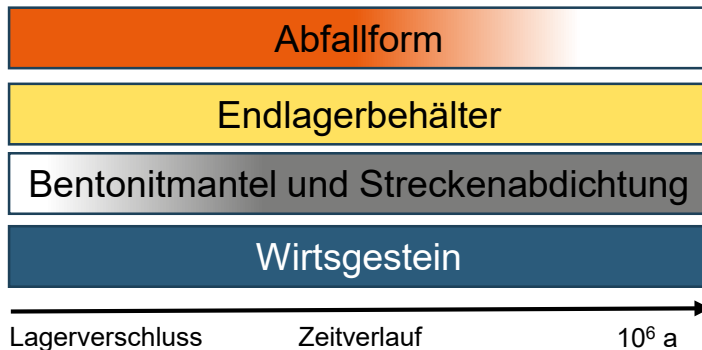


¹ EASAC/JRC (2014): „Management of spent nuclear fuel and its waste“ (EASAC policy report no. 23)

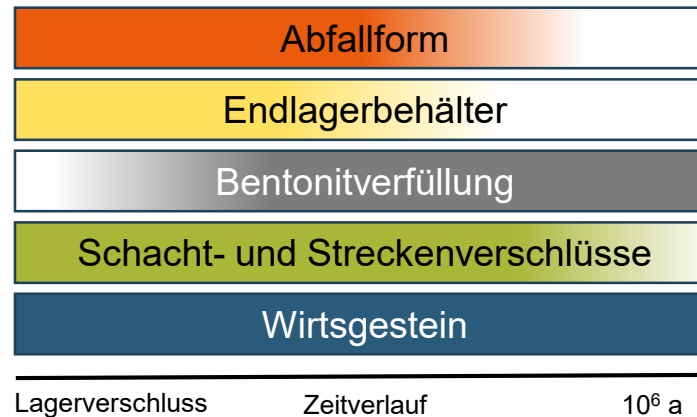
Anforderungen an die Barrieren

Erwartete Wirkungszeiträume der jeweiligen Barrieren in Abhängigkeit des Wirtsgesteins¹

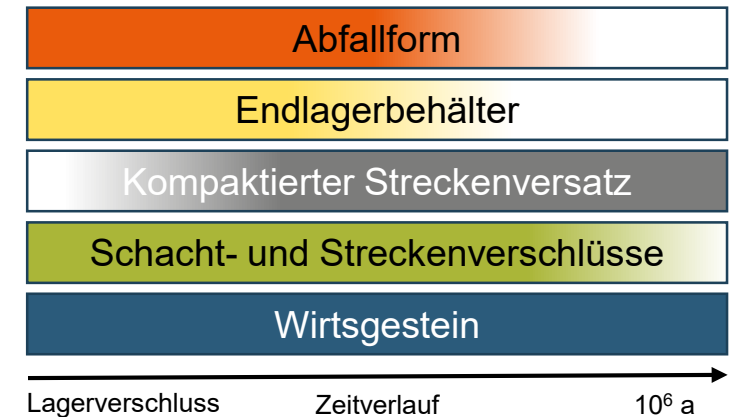
Kristallingestein (ohne ewG)



Tongestein



Steinsalz

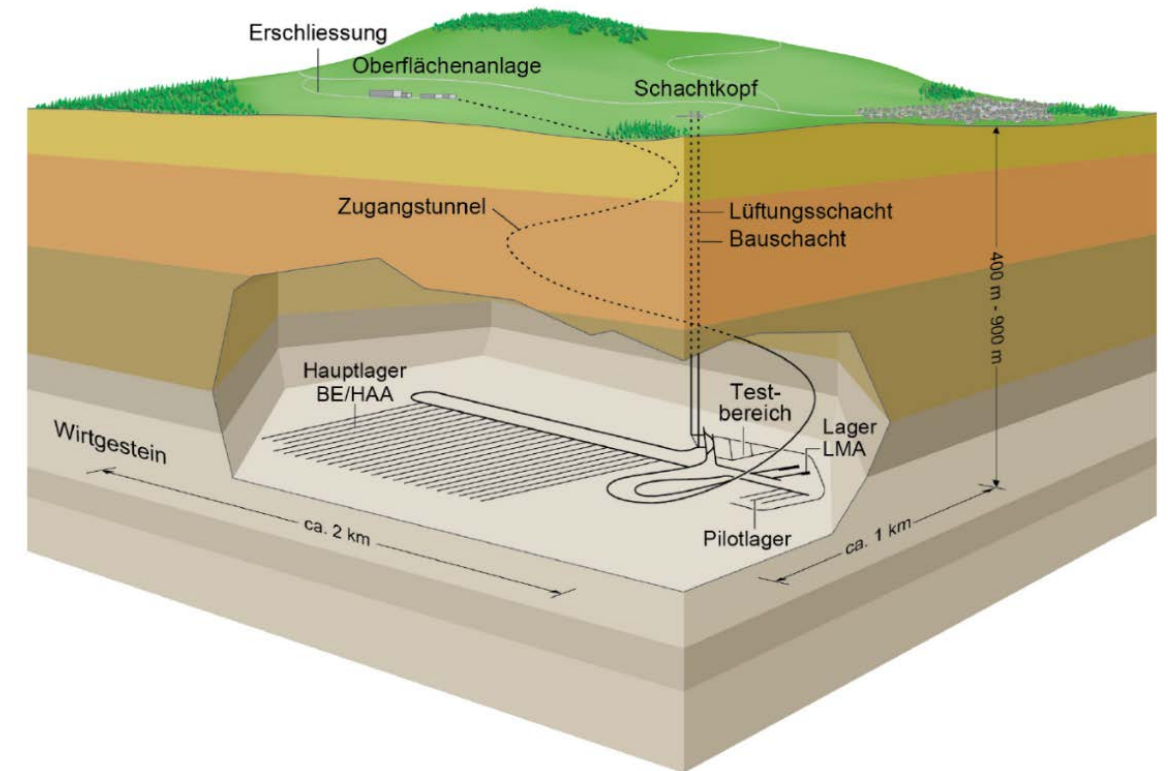


Der Schattierungsverlauf entspricht nicht der exakten Lebensdauer der Barrieren, sondern soll lediglich einen Trend andeuten (farbige Schattierung bedeutet Wirksamkeit).

¹ ESK (2019): Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle und deren Umsetzbarkeit, Stellungnahme der Entsorgungskommission. Entsorgungskommission. Bonn

Komponenten eines Endlagers (Auszug)

- Tagesanlagen
- Tageszugänge (Schacht/Rampe)
- Endlagerbergwerk (unter Tage)
 - Infrastrukturräume (z. B. Werkstätten, Sozialräume)
 - Streckensysteme
 - Endlagertechnik (z. B. Teilschnittmaschinen, Transportmittel, Einlagerungstechnik, Verfülltechnik)
 - Einlagerungsstrecken/Bohrlöcher
 - Endlagergebäude und Versatz- und Verfüllmaterial
 - Abdichtbauwerke (Schacht- und Streckenverschlüsse)



Beispiel: Darstellung einer möglichen Auslegung des Endlagers für hochradioaktive Abfälle in der Schweiz¹

¹ Nagra (2011): Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung - Genereller Bericht. Technischer Bericht 11-01. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra). Wettingen, Schweiz

A large red excavator is shown in a tunnel, dumping material into a container. The tunnel walls are lined with concrete blocks, and the floor is covered with debris and equipment. A worker in a blue shirt is visible in the background. The excavator's arm is extended, and its bucket is tilted, pouring material into a dark container. The scene is dimly lit, with a bright light source on the left.

Tagesanlagen

03

Bericht „Tagesanlagen eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle“



Tagesanlagen eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle – Beschreibung erforderlicher Tagesanlagen und Abschätzung des Flächenbedarfs (Umfang 45 Seiten)

Stand: 29. Januar 2021

Inhalte:

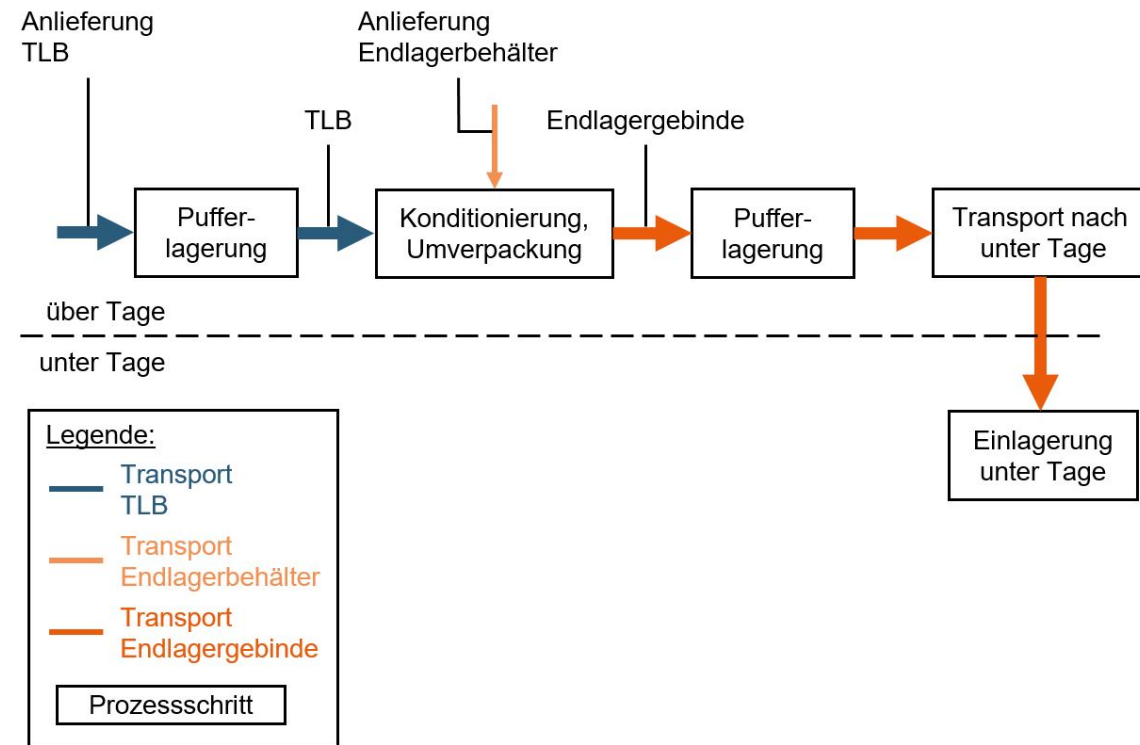
- Anforderungen an die Tagesanlagen
- Erforderliche Tagesanlagen
- Abschätzung des Flächenbedarfs der übertägigen Bebauung



URL: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/20210129_Tagesanlagen_eines_Endlagers_fuer_hochradioaktive_Abfaelle_barrierefrei.pdf

Hauptprozesse am Endlagerstandort

- Darstellung wesentlicher Prozesse von der Anlieferung der Transport- und Lagerbehälter (TLB) bis zur Einlagerung unter Tage
- Annahmen:
 - Anlieferung der TLB an den Endlagerstandort
 - Alle Tagesanlagen (inkl. Konditionierungsanlage) am Endlagerstandort



Quelle: BGE

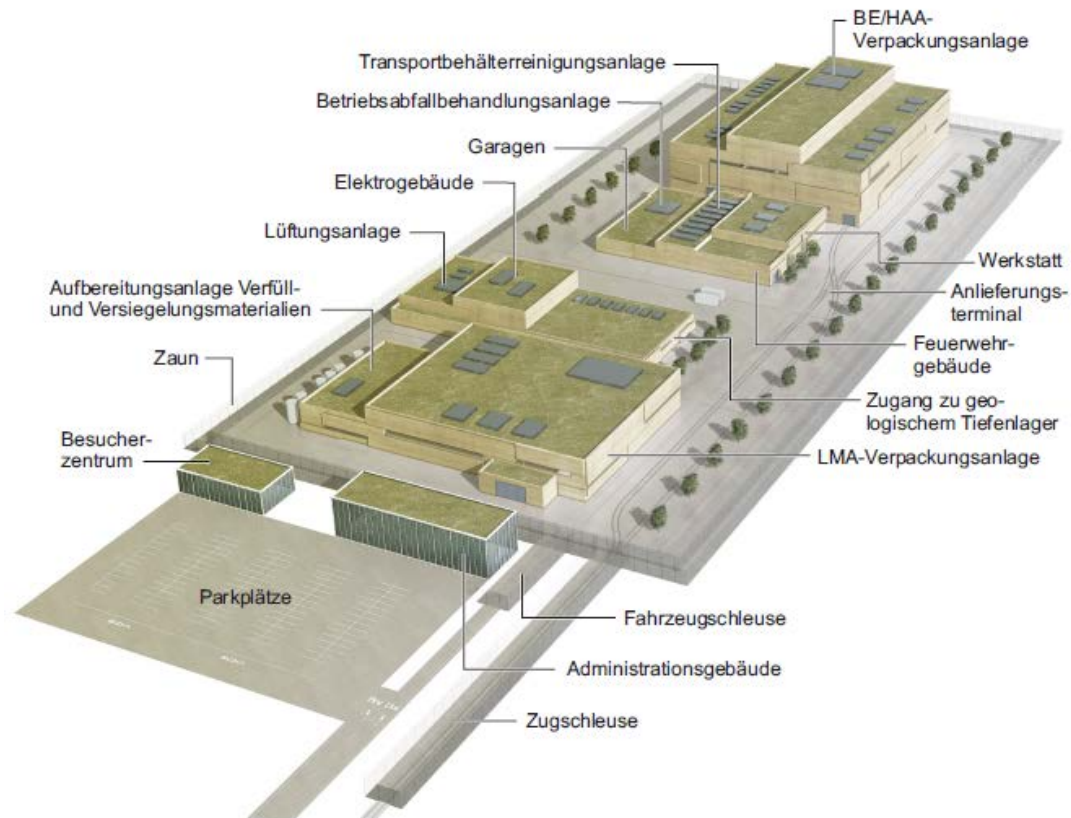
Gelände kerntechnischer Anlagen

- Eingangslager
- Konditionierungsanlage für hochradioaktive Abfälle
- Pufferlager für Endlagergebände
- Dekontaminationsanlage
- Sammelstelle für anfallende schwach- und mittelradioaktive Betriebsabfälle
- Strahlenschutzlabor
- Zugang nach unter Tage (Rampe oder Schacht)

Endlagerbergwerksgelände

- Zugang/Zugänge nach unter Tage (Schacht oder Rampe)
- Werkstatt und Technikbereich
- Material- und Baustofflager
- Bürogebäude, Feuerwehr und Krankenstation
- Anlagen für Wetterzufuhr in das Bergwerk bzw. aus dem Bergwerk heraus

Beispiele für Tagesanlagen



Modellhafte Darstellung (generisch) der Oberflächenanlagen mit den wichtigsten Anlagenmodulen für hochradioaktiven Abfälle in der Schweiz¹

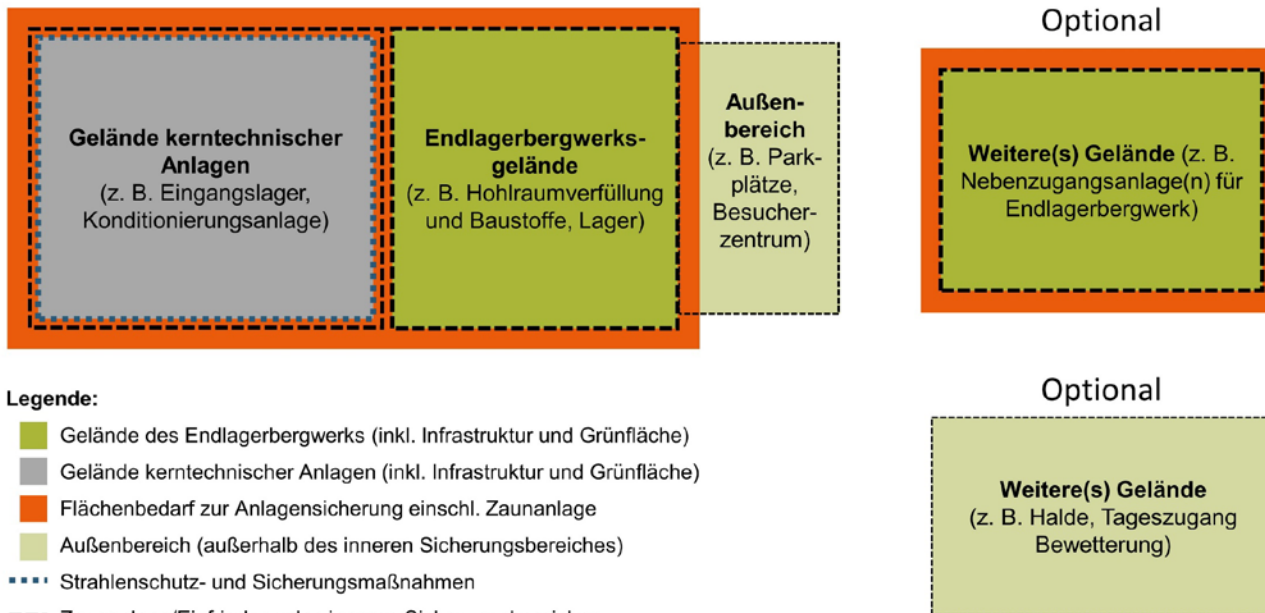
Konditionierungsanlage von Posiva (Grafik)²

¹ Nagra (2011): Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung - Genereller Bericht. Technischer Bericht 11-01. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra). Wettingen, Schweiz

² Posiva, Internetadresse: <https://www.posiva.fi/en/index/finaldisposal/encapsulationplant.html>, aufgerufen am 26.01.2021

Tagesanlagen – Flächenbedarf

Schematische Darstellung Betriebsgelände



Legende:

- Gelände des Endlagerbergwerks (inkl. Infrastruktur und Grünfläche)
- Gelände kerntechnischer Anlagen (inkl. Infrastruktur und Grünfläche)
- Flächenbedarf zur Anlagensicherung einschl. Zaunanlage
- Außenbereich (außerhalb des inneren Sicherungsbereiches)
- Strahlenschutz- und Sicherungsmaßnahmen
- Zaunanlage/Einfriedung des inneren Sicherungsbereiches
- Zaunanlage/Einfriedung des äußeren Sicherungsbereiches

Quelle: BGE

Bestimmung Gesamtflächenbedarf

	Anlage, Gelände	Geschätzter Flächenbedarf in m ² (±50 %)
Berechnung Gesamtfläche Gelände kerntechnischer Anlagen	Summe Anlagenfläche	31.000
	Infrastrukturzuschlag (+100 %)	31.000
	Grünflächenzuschlag (+150 %) (gerundet)	47.000
	Summe	109.000
Berechnung Gesamtfläche Endlagerbergwerks-gelände	Summe Anlagenfläche	22.000
	Infrastrukturzuschlag (+100 %)	22.000
	Grünflächenzuschlag (+150 %)	33.000
	Summe	77.000
Gesamtfläche innerhalb des Anlagenzauns		186.000
Flächen zur Anlagensicherung	Zaunanlage, Wachgebäude, Grünstreifen außerhalb	46.000
Anlagen außerhalb des inneren Sicherheitsbereiches	Verwaltungsgebäude, Besucherzentrum, Parkplätze	8.000
Gesamtfläche des Betriebsgeländes		240.000

→ 24 ha ± 12 ha (ca. 34 ± 17 Fußballfelder)

Quelle: BGE

A large red excavator is positioned in a tunnel, working on a concrete structure. The excavator's arm is extended, and it appears to be in the process of pouring or setting concrete. The tunnel walls are lined with concrete blocks, and there are various cables and equipment visible in the background. A worker in a blue shirt and white pants is standing in the distance, providing a sense of scale to the large machinery.

Endlagerbehälterentwicklung

04

Behälterentwicklung – Besondere Herausforderungen

Rückholbarkeit

- Bis zum Beginn der Stilllegung
- Technischer/zeitlicher Aufwand Rückholung darf den Aufwand Einlagerung nicht unverhältnismäßig übersteigen
- Technische Einrichtungen sind vorzuhalten (Rückholung ist zu planen)
- Behälterintegrität, Einschluss der radioaktiven Stoffe

Bergbarkeit

- Bis 500 Jahre nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers
- Mechanische Stabilität/ Handhabung
- Bei Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen
- Auffind-/Identifizierbarkeit, umfassende Dokumentation

Kristallingestein ohne ewG

- Behälter und geotechnische Bauwerke als wesentliche Barriere
- Sehr hohe Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit über lange Zeiträume

Behälterentwicklung – Weitere zu berücksichtigende Anforderungen

- Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters
 - Temperatur im Behälterinneren
 - Temperatur an der Behälteraußenwand
 - Handhabbarkeit
 - Abschirmung
 - Kritikalitätsausschluss
 - Störfallbetrachtungen
- Herstellbarkeit
 - Prüfbarkeit
 - Prognostizierbarkeit
 - Robustheit
 - Verträglichkeit mit weiteren Barrieren
 - Beitrag zur Integrität des Endlagersystems

Behälterentwicklung – Vorgehensweise

Behälterentwicklung erfolgt **wirtsgesteinsspezifisch**, d. h. für jedes Wirtsgestein eine separate Bearbeitung bzw. Ausschreibung

Reihenfolge (zeitversetzt):

- Kristallines Wirtsgestein (insb. ohne ewG):
Ausschreibung ist veröffentlicht (01/21)
- Tongestein
- Steinsalz



Quelle: Posiva, Internetadresse:
<https://www.posiva.fi/material/collections/20201009130515/7KylPkJWj/kapseli.jpg> , aufgerufen am 26.01.2021

Behälterentwicklung – Ziele und Inhalte der Bearbeitung bzw. Ausschreibung

- Darstellung des **Standes von Wissenschaft und Technik** und Konkretisierung der **Anforderungen** an Endlagerbehälter
- Anpassung, Optimierung und Erweiterung vorhandener Endlagerbehälterkonzepte und Ideensammlung für neue Endlagerbehälterkonzepte unter Berücksichtigung der Anforderungen sowie **begründeter Vorschlag von ein bis drei weiterzuverfolgenden Konzepten (pro Wirtsgestein)**
- **Ausarbeitung/Detaillierung der ausgewählten Konzepte** (z. B. Maßnahmen zur Handhabung, Rückholung, Materialauswahl, Herstellbarkeit)
- **Sicherheits- und Nachweiskonzept** einschl. **Arbeitsprogramm** für (nachlaufende) **Nachweisführung** (z. B. zu Korrosionsuntersuchungen, Störfallbetrachtungen, Fügetechniken)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Sie wollen noch einmal nachlesen?



- **Die interaktive Einführung** zur Erstellung des Zwischenberichts und zu allen Kriterien und Anforderungen finden Sie hier: <https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/storymap-vollbild/>
- **Ihre Fragen und unsere Antworten** finden Sie hier: <https://www.bge.de/de/endlagersuche/fragen-und-antworten/>
- Den **Zwischenbericht Teilgebiete** mit allen Unterlagen und Anlagen finden Sie hier: <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>
- Eine **eigene Seite zu jedem Teilgebiet** finden Sie hier: <https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/liste-aller-teilgebiete/>
- Eine **interaktive Karte** mit allen Teilgebieten und identifizierten Gebieten sowie den ausgeschlossenen Gebieten finden Sie hier: <https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/>

Kontakt: dialog@bge.de

www.bge.de
www.einblicke.de





**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Bereich Standortauswahl

Eschenstraße 55, 31224 Peine

www.bge.de
www.einblicke.de



@die_BGE